

PENGARUH PROSES EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING (ECAP) TERHADAP KEKERASAN ALUMINIUM 1050

Hera Setiawan¹

Email: hera_setia@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh proses equal channel angular pressing (ECAP) terhadap kekerasan aluminium 1050. Batang aluminium 1050 dengan ukuran 9,5mm x 9,5mm x 70mm dilewatkan pada cetakan ECAP dengan sudut alur cetakan Φ 90° dan sudut busur ψ 90°. Kekerasan bahan sebelum dan sesudah proses ECAP diperiksa dan dibandingkan. Hasilnya menunjukkan bahwa setelah proses ECAP, kekerasan aluminium 1050 pada penampang melintang sampel (bidang X) meningkat 38%, dan cukup merata.

Kata kunci : aluminium 1050, ECAP, kekerasan.

ABSTRACT

The aim of this work is to study the effects equal channel angular pressing (ECAP) process on the hardness of aluminum 1050. The size of 9,5mm x 9,5mm x 70mm bar of the aluminium 1050 was procecd ECAP with Φ 90° and ψ 90°. The hardness of material before and after process ECAP was inspected and compared. The results of this study show that after process ECAP the hardness on surface block (area X) aluminium 1050 increases 38%, and enough flat.

Key Words : aluminium 1050, ECAP, hardness.

¹ Dosen Fakultas Teknik Mesin Universitas Muria Kudus

1. Pendahuluan

Aluminium merupakan logam yang lunak dengan tampilan menarik, ringan, tahan korosi, mempunyai daya hantar panas dan daya hantar listrik yang relatif tinggi, dan mudah dibentuk serta cadangannya dikerak bumi melimpah melebihi cadangan besi (Fe). Aluminium murni mempunyai kekuatan dan sifat mekanis yang rendah. Kekuatan aluminium murni tidak dapat ditingkatkan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment, age hardening*) (TALAT Lecture 2202, 1994 ; Surdia dan Sato, 1995 ; Callister, 2000).

Salah satu usaha untuk meningkatkan kekuatan aluminium murni adalah dengan proses pengerjaan dingin (*cold working*) berupa pengerasan regang dilanjutkan dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Tetapi cara ini kurang memuaskan bila tujuan utama adalah untuk menaikkan kekuatan bahan. Pada perkembangan selanjutnya, peningkatan nyata dari aluminium dapat dicapai dengan penambahan unsur-unsur paduan kedalam aluminium. Unsur paduan tersebut dapat berupa tembaga (Cu), mangan (Mn), silikon (Si), magnesium (Mg), seng (Zn) dan lain-lain. Kekuatan aluminium paduan ini dapat dinaikkan lagi dengan pengerasan regang atau perlakuan panas. Sifat-sifat lainnya seperti mampu cor dan mampu mesin juga bertambah baik, akan tetapi teknik ini menurunkan ketahanan korosi, kontrol kehomogenan komposisi yang sulit, harga menjadi mahal dan peningkatan biaya daur ulang (TALAT Lecture 2202, 1994 ; Surdia dan Sato, 1995 ; Callister, 2000).

Perkembangan ilmu dan teknologi dewasa ini menuntut adanya material yang mempunyai kekuatan tinggi, mampu bentuk yang tinggi, tahan korosi dan komposisi kimia yang sederhana (Olejnik dan Rosochowski, 2005). Penggunaan aluminium murni dengan komposisi sederhana tanpa atau sedikit paduan lebih disukai. Aluminium adalah material yang sangat populer digunakan untuk produksi *ultrafine-grained materials* dan *nano-materials*.

Equal channel angular pressing (ECAP) adalah suatu proses inovatif untuk memperoleh deformasi plastis menyeluruh (*severe plastic deformation, SPD*) dan menghasilkan sifat mekanis yang unggul melalui teknik penghalusan butir (Valiev dan Langdon, 2006).

Aluminium 1050 merupakan aluminium murni dengan kandungan aluminium 99,50 % dan kekerasan 19 BHN (ASM Specialty Hand Book, 1993). Aluminium murni mempunyai sifat mekanis rendah sehingga secara normal tidak digunakan untuk tujuan struktural. Akan tetapi daya tahan korosi pada lingkungan atau atmosfer normal sangat baik, penghantar panas dan listrik tinggi, dan mudah dibentuk. Aluminium murni, banyak digunakan pada bidang elektronik, kimia, kemasan makanan, petrokimia dan aplikasi produk bangunan. Sifat mekanis

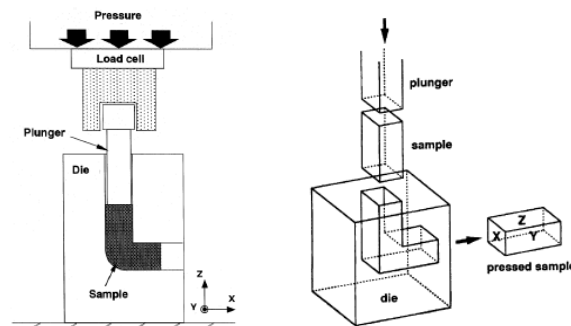
tidak bisa ditingkatkan dengan perlakuan panas (*age hardening*), dan oleh karena itu aluminium murni digolongkan dalam kelompok *non-heat treatable alloys* (TALAT Lecture 2202, 1994; Callister, 2000).

Penelitian dan usaha peningkatan kekuatan logam telah banyak dilakukan. Salah satu metode yang efektif untuk mendapatkan material dengan sifat yang unggul tersebut adalah deformasi plastis secara menyeluruh (*severe plastic deformation, SPD*). Kurzydowski (2004) melaporkan empat metode SPD yang dapat digunakan dalam penghalusan butir, yaitu : *equal channel angular pressing (ECAP)*, *hydrostatic extrusion (HE)*, *high pressure torsion (HPT)*, dan *Max-Strain cumulative plastic deformation by a varying path (MS)*. Olejnik dan Rosochowski (2005) menunjukkan penggunaan beberapa metode SPD untuk memperhalus butir diantaranya adalah : *high pressure torsion (HPT)*, *equal channel angular pressing (ECAP)*, *cyclic extrusion-compression (CEC)*, *multiaxial forging (MF)*, *accumulatif roll-bonding (ARB)*, dan *repetitive corrugation and straightening (RCS)*.

Proses *Equal Channel Angular Pressing (ECAP)* merupakan teknik deformasi plastis menyeluruh yang terbaik diantara beberapa proses SPD tersebut (Kurzydowski, 2004 ; Olejnik dan Rosochowski , 2005). Pemilihan proses ECAP didasarkan pada alasan (Valiev dan Langdon, 2006) :

1. Proses ECAP adalah proses paling efektif diantara proses SPD.
2. Relatif tidak terjadi perubahan penampang melintang .
3. Peningkatan kekuatan material dapat dilakukan pada temperatur rendah.
4. Proses ECAP mudah terintegrasi dalam industri serta mampu menghasilkan produk dalam skala bulk atau batangan.

Equal Channel Angular Pressing (ECAP) merupakan proses spesimen (*sample*) diberikan regangan plastis melalui penekanan dalam cetakan beralur khusus. Cetakan mempunyai dua alur laluan pada bagian dalam dengan luas penampang yang sama seperti ditunjukkan pada gambar 1 (Horita, dkk., 2001 ; Valiev dan Langdon, 2006).



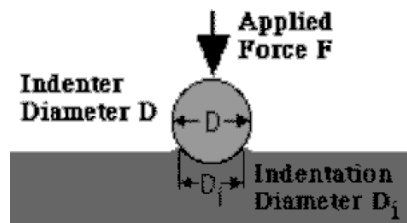
Gambar 1. Proses ECAP

Proses ECAP dapat dilakukan pada beberapa material baik *single crystals*, *polycrystalline*, maupun *metal-matrix composites* (Valiev dan Langdon, 2006), dalam skala bulk maupun batangan (Valiev, 1997 ; Olejnik dan Rosochowski, 2005 ; Sun, dkk, 2005). Aluminium dan paduannya merupakan material yang populer digunakan pada proses ECAP.

Ketahanan bahan terhadap indentasi secara kualitatif menunjukkan kekuatannya. Skala yang lazim dalam pengujian kekerasan antara lain skala Brinell, Vickers, Rockwell dan Knop. Metode Brinell sangat sesuai untuk menguji material yang mempunyai kekerasan rendah dan menengah sampai nilai BHN 450.

Pengujian kekerasan Brinell menggunakan penumbuk (*indenter/ penetrator*) yang terbuat dari bola baja. Metode ini dilakukan dengan cara bahan diindentasi dengan indenter pada permukaan benda uji dengan beban tertentu kemudian diukur bekas penekanan yang terbentuk (Callister, 2000).

Bekas indentasi pada kekerasan Brinell memberi keuntungan pada material yang tidak homogen sehingga beban yang diterima lebih merata misalnya pada paduan Aluminium. Selain itu, kekerasan Brinell juga tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan dibanding dengan uji kekerasan yang lain (Dieter, 1986).



Gambar 2. Skema pengujian kekerasan Brinell

Angka kekerasan Brinell dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi}{2} D \left(D - \sqrt{D^2 - D_1^2} \right)} \quad (1)$$

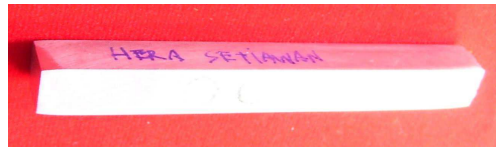
Dengan : BHN = Angka kekerasan Brinell (Kg/mm²)
 F = Pembebanan (Kgf)
 D = Diameter indenter (mm)
 D₁ = Diameter bekas injakan (mm)

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh proses *Equal Channel Angular Pressing (ECAP)* terhadap kekerasan aluminium 1050 pada penampang melintang sampel (bidang X) .

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi positif bagi ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang penghalusan butir untuk meningkatkan kekuatan aluminium dengan proses ECAP dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya sehingga didapatkan aluminium dengan sifat yang lebih baik.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan menguji atau mengukur, menganalisa dan membandingkan sifat mekanis, yaitu kekerasan material sebelum dan sesudah proses ECAP (*Equal Channel Angular Pressure*).



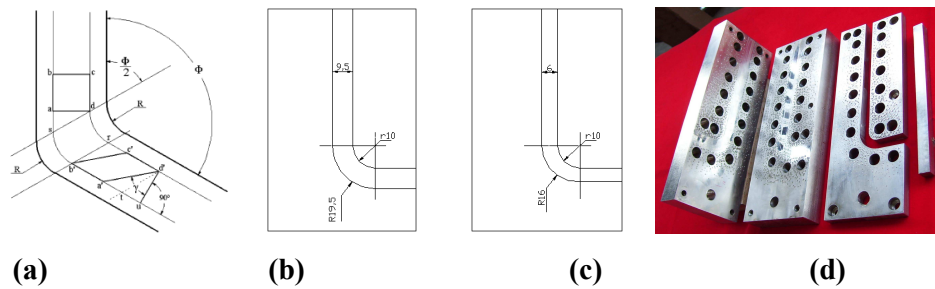
Gambar 3. Bahan sampel sebelum proses ECAP (*as received*)

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 1050 dengan komposisi kimia seperti yang terlihat pada tabel 1, spesimen atau sampel dibuat berbentuk batang dengan ukuran 9,5mm x 9,5mm x 70mm seperti yang terlihat pada gambar 3.

Tabel 1 . Komposisi kimia Aluminium 1050

Komposisi (%)							
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
Ni	Pb	Sn	Al				
0,15	0,3359	0,032	0,0031	0,0054	0,0397	0,0049	0,0006
0,0003	0,0021	0,0039	99,42				

Untuk mengurangi gesekan antara spesimen dan alur cetakan pada saat penekanan, Perez (2004) mengusulkan improvisasi cetakan dengan membuat radius fillet (*fillet radii, R*) seperti terlihat pada gambar 2a, hal ini juga akan menyebabkan aliran laminar pada logam (Greger, dkk, 2006), akan tetapi menyulitkan dalam pembuatan alur cetakan (Valiev and Langdon, 2006). Pada penelitian ini digunakan cetakan ECAP dengan sudut alur cetakan Φ 90°, sudut lengkungan cetakan atau sudut busur ψ 90°, radius lifet luar R 19,5 mm dan R 16 mm dengan raius filet dalam r 10 mm seperti terlihat pada gambar 4b dan 4c.



Gambar 4. Radius fillet cetakan ECAP

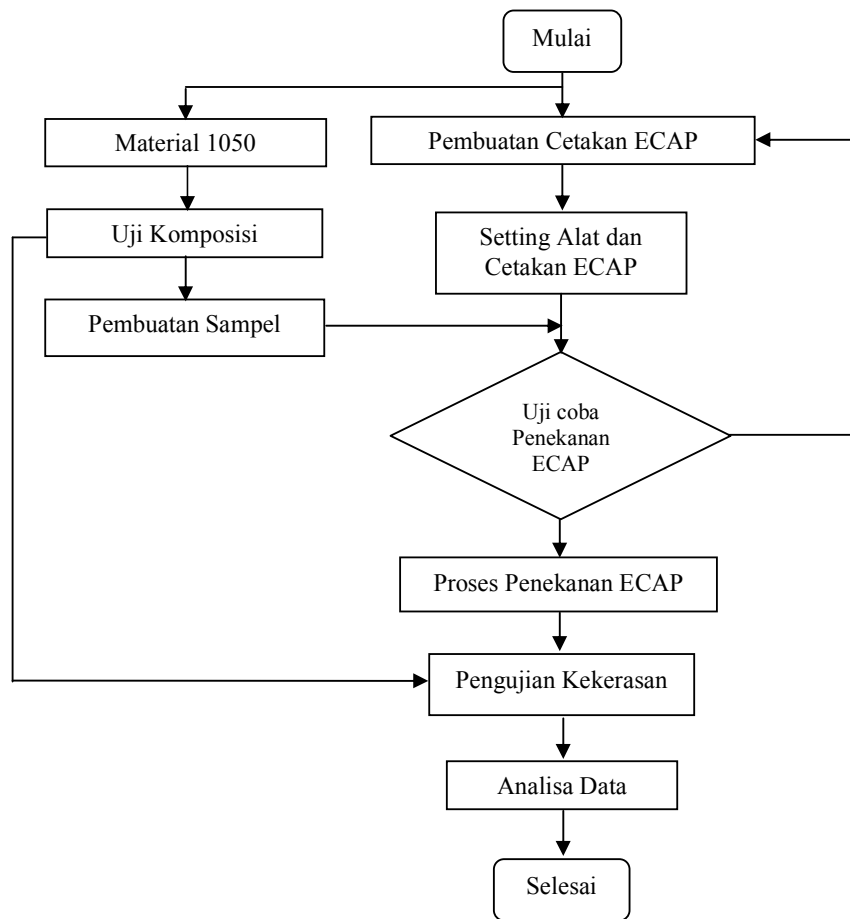
Cetakan ECAP dibuat dengan bahan *stainless steel*, terdiri dari bagian dalam (inti) dan bagian luar yang disatukan dengan baut baja. Penekan menggunakan bahan baja perkakas (*high speed steel, HSS*), seperti terlihat pada gambar 4d. Proses penekanan spesimen pada cetakan ECAP dilakukan pada temperatur ruang menggunakan *Universal Testing Machine (Tarno Grocki)* berkapasitas 20 ton. Untuk mengurangi gesekan antara permukaan sampel dan dinding cetakan digunakan pelumasan dengan gemuk (*grease*).

Kekerasan bahan sebelum dan sesudah proses ECAP diukur menggunakan kekerasan Brinell (*Brinell Hardness Tester*). Mesin yang digunakan untuk pengujian ini adalah Weinheim-Birkenau tipe 38505, dengan indenter bola baja 2,5 mm pada pembebanan 613 N (=62,5kg).

Untuk melihat diameter pijakan indenter digunakan mikroskop optik (Olympus TGH Japan) dengan perbesaran sehingga untuk jarak 1 mm akan terlihat 15 strip. Agar lebih teliti maka pengukuran diameter dilakukan dua kali yaitu diameter horisontal dan diameter vertikal untuk setiap titik.

Pengukuran kekerasan dilakukan pada penampang melintang atau searah dengan penekanan (bidang X), seperti yang terlihat pada gambar 1 diatas. Hasil pengukuran kekerasan sebelum dan sesudah proses ECAP dicatat dan dianalisa.

Gambar 5 dibawah ini menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 6 dibawah ini menunjukkan sampel hasil proses ECAP.



Gambar 6. Sampel hasil proses ECAP aluminium 1050

Hasil ECAP seperti terlihat pada Gambar 6 diatas menunjukkan sampel mengalami deformasi plastis yang permanen, terutama terlihat dengan jelas pada bagian ujung dan pangkal sampel.

5.1.3. Kekerasan Brinell

Hasil pengukuran kekerasan Brinell aluminium 1050 sebelum dan sesudah proses ECAP ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3.

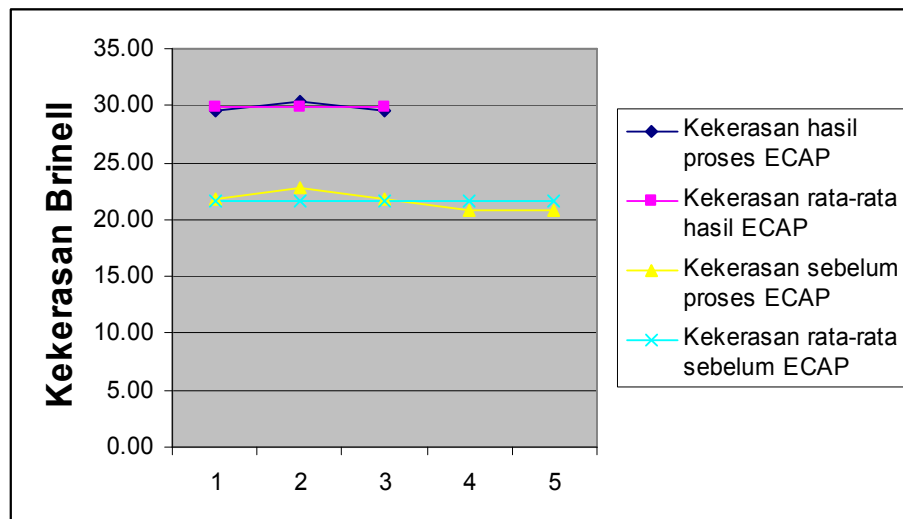
Tabel 2. Kekerasan aluminium 1050 sebelum proses ECAP

No	Strip 1	Strip 2	D1	BHN	Rata-rata BHN	STDEV
1	26.5	26.5	1.77	21.78	21.60	0.83
2	26.0	26.0	1.73	22.80		
3	26.5	26.5	1.77	21.78		
4	27.0	27.0	1.80	20.82		
5	27.0	27.0	1.80	20.82		

Tabel 3. Kekerasan aluminium 1050 setelah proses proses ECAP

N o	Strip 1	Strip 2	D1	BHN	Rata- rata BHN	STDE V	Naik	Rata- rata Naik	STDE V
1	23.5	23.0	1.5 5	29.58	29.82	0.42	0.37	0.38	0.02
2	23.0	23.0	1.5 3	30.31			0.40		
3	23.5	23.0	1.5 5	29.58			0.37		

Hasil pengukuran kekerasan seperti terlihat pada tabel 2 dan 3 diatas dapat dibuat grafik seperti pada gambar 7 dibawah.



Gambar 7. Grafik kekerasan sebelum dan sesudah proses ECAP

Dari tabel 2 dan grafik pada gambar 7 diatas terlihat bahwa nilai kekerasan rata-rata aluminium 1050 sebelum proses ECAP adalah 21,60 BHN, dan kekerasannya cukup merata pada setiap titik, hal ini terlihat dari nilai standar deviasi yang kecil yaitu 0,83.

Kekerasan penampang melintang (bidang X) setelah proses ECAP naik dengan kenaikan hampir merata, kekerasan pada masing-masing titik adalah (29,58 ; 30,31 ; dan 29,56) BHN. Nilai kekerasan rata-ratanya adalah 29,82 BHN dengan standar deviasi 0,42. Kenaikan atau peningkatan kekerasan hasil proses ECAP cukup tinggi, yaitu 37%, 40%, dan 37%, atau rata-rata 38% dengan standar deviasi 0,02 jadi cukup merata pada setiap titik.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan :

1. Proses Equal Channel Angular Pressure (ECAP) dapat menaikkan kekerasan aluminium 1050.
2. Kenaikan kekerasan rata-rata aluminium 1050 proses ECAP pada penampang melintang (bidang X) adalah 38%, dari 21,60 BHN menjadi 29,82 BHN.
3. Kekerasan aluminium 1050 hasil proses ECAP pada penampang melintang cukup merata.

Saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kekerasan pada penampang memanjang (bidang Y) hasil proses ECAP.
2. Perlu dilakukan penelitian ECAP untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat atau karakteristik bahan yang lain.

Daftar Pustaka

- ASM Specialty Hand Book, 1993, "*Aluminium and Aluminium Alloys*", Ohio, pp. 534, 645.
- Callister Jr., W.D., 2000, "*Fundamentals of Materials Science and Engineering*", Interactive e Text, John Wiley & Sons, Fifth Edition, pp. 416, 417, 177 – 181.
- Horita, Z., Fujinami, T., Langdon, T.G., 2001, "*The potential for scaling ECAP: effect of sample size on grain refinement and mechanical properties*", Materials Science and Engineering A318 pp. 34 - 41.
- Kurzydowski, K.J., 2004, "*Microstructural refinement and properties of metals processed by severe plastic deformation*", Bulletin of the Polish Academy of Science, Technical Science, Vol. 52, No. 4. pp. 301 – 311.
- Olejnik, L., and Rosochowski, A., 2005, "*Methods of fabricating metals for nano-technology*", Bulletin of the Polish Academy of Science, Technical Science, Vol. 53, No. 4. pp. 413 – 423.
- Sun, Z.M., Hashimoto, H., Keawprak, N., Ma, A.B., Li, L.F., Barsoum, M.W., 2005, "*Effect of rotary die equal channel angular pressing on the thermoelectric properties of a (BiSb)₂Te₃ alloy*", J. Mater. Res., Vol 20, No. 4, pp. 895 – 903.
- Valiev, R.Z., 1997, "*Structure and mechanical properties of nanostructured metals prepared by severe plastic deformation*", Paper Presented Aug. 21, 1997, pp. 67 – 70.
- Valiev, R.Z. dan Langdon, T.G., 2006, "*Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement*", Progress in Material Science 51, pp. 881- 981.
- Surdia, T. dan Saito, S., 1999, "*Pengetahuan Bahan Teknik*", Cetakan ke-4, Pradnya Paramita, Jakarta, pp. 129 - 142.
- TALAT Lecture 2202, 1994, "*Structural Aluminium Materials*", European Aluminium Association – EAA, pp. 3, 4.